

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

FORMATION OF ELECTRODE OF GALLIUM NITRIDE-BASED COMPOUND SEMICONDUCTOR

Patent Number: JP6275868
Publication date: 1994-09-30
Inventor(s): YAMADA MOTOKAZU; others: 02
Applicant(s): NICHIA CHEM IND LTD
Requested Patent: ☐ JP6275868
Application Number: JP19930085492 19930319
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L33/00; H01S3/18
EC Classification:
Equivalents: JP2803741B2

Abstract

PURPOSE: To provide the formation method, of an electrode, wherein the n-type layer and the p-type layer of a p-n junction-type gallium nitride-based compound semiconductor as well as an ohmic contact are obtained in order to enhance the light-emitting output and the light-emitting efficiency of a light-emitting element which utilizes the gallium nitride-based compound semiconductor.

CONSTITUTION: An alloy which contains chromium and/or nickel or the metals are applied to an n-type gallium nitride-based compound semiconductor at an electron carrier concentration of $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ or higher or to a p-type gallium nitride-based compound semiconductor at an electron carrier concentration of $1 \times 10^{15} / \text{cm}^3$ or higher, and an annealing operation is then performed.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-275868

(43)公開日 平成6年(1994)8月30日

(51)Int.Cl.⁸

H 0 1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C 7376-4M

E 7376-4M

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数2 F D (全 4 頁)

(21)出願番号

特願平5-85482

(22)出願日

平成5年(1993)3月19日

(71)出願人 000228057

日至化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72)発明者 山田 元暁

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日至化学工業株式会社内

(72)発明者 妹尾 雅之

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日至化学工業株式会社内

(72)発明者 中村 修二

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日至化学工業株式会社内

(54)【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体の電極形成方法

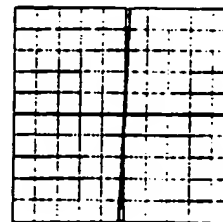
(57)【要約】

【目的】 p-n接合型の窒化ガリウム系化合物半導体を利用した発光素子の発光出力、発光効率を向上させるための窒化ガリウム系化合物半導体のn型層、およびp型層とオーミック接触が得られる電極の形成方法を提供する。

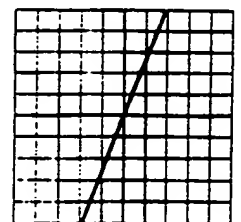
【構成】 電子キャリア濃度 $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以上のn型窒化ガリウム系化合物半導体、または電子キャリア濃度 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上のp型窒化ガリウム系化合物半導体に、クロムおよび/またはニッケルを含む合金、または該金属を付着した後、アニーリングする。

x: 0.5 V/div

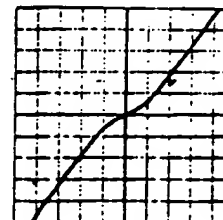
y: 0.2 mA/div



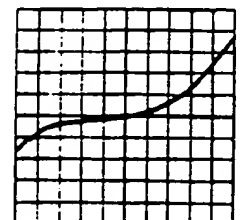
A



B



C



D

R009806

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 電子キャリア濃度 $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以上の n 型窒化ガリウム系化合物半導体、または正孔キャリア濃度 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上の p 型窒化ガリウム系化合物半導体に、クロムおよび/またはニッケルを含む合金、または該金属を付着した後、アニーリングすることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体の電極形成方法。

【請求項2】 前記アニーリング温度は 400°C 以上であることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体の電極形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$, $0 \leq y < 1$) で表される窒化ガリウム系化合物半導体の電極形成方法に係り、特に n 型窒化ガリウム系化合物半導体、および p 型窒化ガリウム系化合物半導体とオーミック接触が得られる電極の形成方法に関する。

【0002】

【従来技術】 GaN 、 GaAlN 、 InGaN 、 InAlGaIn 等の窒化ガリウム系化合物半導体は ($\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$, $0 \leq y < 1$)) は直接遷移を有し、バンドギャップが $1.95\text{eV} \sim 6\text{eV}$ まで変化するため、発光ダイオード、レーザダイオード等、発光素子の材料として有望視されている。この材料はノンドープの状態、または Si、Ge 等の n 型ドープをドープすることにより n 型特性を示すことが知られている。一方、p 型特性に関しては、最近になって p 型ドープをドープした窒化ガリウム系化合物半導体を p 型とする技術が開発され p 型窒化ガリウム系化合物半導体が実現できるようになってきた。(例えば、特開平2-257679号公報、特開平3-218325号公報)

【0003】 前記したように p 型窒化ガリウム系化合物半導体を実現可能となると、発光出力の高い p-n 接合型の発光素子が求められる。p-n 接合型の発光素子とした場合、n 型窒化ガリウム系化合物半導体、および p 型窒化ガリウム系化合物半導体に形成される電極が、それらの窒化ガリウム系化合物半導体とオーミック接触していることが必要不可欠である。しかしながら、窒化ガリウム系化合物半導体の物性は、未だよく解明されておらず、オーミック接触が得ることのできる電極材料は未だ知られていないのが実状である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 そのため、本発明はこのような事情を鑑み成されたものであり、その目的とするところは、p-n 接合型の窒化ガリウム系化合物半導体を利用した発光素子の発光出力、発光効率を向上させるため、窒化ガリウム系化合物半導体の n 型層、および

2

p 型層とオーミック接触が得られる電極の形成方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明の電極形成方法は、電子キャリア濃度 $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以上の n 型窒化ガリウム系化合物半導体、または正孔キャリア濃度 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上の p 型窒化ガリウム系化合物半導体に、クロムおよび/またはニッケルを含む合金、または該金属を付着した後、アニーリングすることを特徴とする。

【0006】 本発明の電極形成方法において、特に重要なことは、電極を形成する n 型窒化ガリウム系化合物半導体の電子キャリア濃度は $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以上必要とすることである。その濃度が $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ より少ないと、n 型層と良好なオーミック接触が得られない。また同じく、電極を形成する p 型窒化ガリウム系化合物半導体の正孔キャリア濃度は $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上必要とする。 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ よりも少ないと同じく p 型層と良好なオーミック接触が得られない。

【0007】 次に、n 型窒化ガリウム系化合物半導体、および p 型窒化ガリウム系化合物半導体に付着する電極材料は、クロムおよび/またはニッケルを含む合金、またはその金属にする必要がある。具体的な金属としては Cr、Ni それぞれ単独、合金としては Au、Pt、Mo、Ti、In、Ga より選択された少なくとも一種の金属と、Cr との合金、または Ni との合金、あるいは Cr-Ni 合金を使用することができ、特に Cr、Ni 単独、または Cr-Ni 合金、Cr-Au 合金、Ni-Au 合金が好ましい。合金の Cr、Ni の含有率は特に限定しないが、Cr、Ni が多いほど好ましい。

【0008】 上記電極材料を窒化ガリウム系化合物半導体に付着させるには、蒸着法を好ましく用いることができ、予め合金化しておいた金属、金属単体を蒸着材料として付着させることができる。

【0009】 アニーリングは電極材料と窒化ガリウム系化合物半導体とをなじませるために行い、好ましく 400°C 以上の温度で行うことにより、上記電極材料をオーミック接触させることができる。またアニーリングは好ましく窒素雰囲気中で行うことにより、窒化ガリウム系化合物半導体中の窒素が分解して出て行くのを防ぐことができ、結晶性を保つことができる。アニーリング温度の上限は特に限定しないが、通常 1100°C 以下で行うことが好ましい。 1100°C を超えると前記のように窒化ガリウム系化合物半導体が分解しやすい傾向にあるからである。また、p 型窒化ガリウム系化合物半導体は、幅 $20\mu\text{m}$ 以下で電極材料を付着した後、 400°C 以上でアニーリングを行うことにより、p 型窒化ガリウム系化合物半導体の抵抗率が下がり、より好ましい p 型を得ることができる。

【0010】

3

【作用】図1は、それぞれ電子キャリア濃度の異なるSiドープn型Ga_{0.9}Al_{0.1}N層にCr-Ni合金よりなる電極を付して、500℃で15分間アニーリングした後、それぞれのCr-Ni電極間の電流電圧特性を測定して、n型Ga_{0.9}Al_{0.1}N層と電極とのオーミック接触を調べた結果を比較して示す図である。Aは $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 、Bは $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 、Cは $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、Dは $6 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ の電子キャリア濃度を有するn型Ga_{0.9}Al_{0.1}N層である。A~Dを比較してもわかるように、電子キャリア濃度が高いn型Ga_{0.9}Al_{0.1}N層では容易にオーミック接触が得られ、 $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ ではまだオーミック接触が得られているが、 $6 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ では完全に電圧と電流とが直線関係になく、オーミック接触していないことがわかる。

【0011】また、図2は、それぞれ正孔キャリア濃度の異なるMgドープp型Ga_{0.9}Al_{0.1}N層にCr-Ni合金よりなる電極を付着して、同じく500℃で15分間アニーリングした後、それぞれのCr-Ni電極間の電流電圧特性を測定して、p型Ga_{0.9}Al_{0.1}N層と電極とのオーミック接触を調べた結果を比較して示す図である。Eは $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、Fは $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 、Gは $1 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ 、Hは $5 \times 10^{14}/\text{cm}^3$ の正孔キャリア濃度を有するp型Ga_{0.9}Al_{0.1}N層である。この図も同様に正孔キャリア濃度 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 付近にオーミック接触の限界値があり、それを下回るとオーミック接触を得ることが困難であることを示している。

【0012】さらに図3は、正孔キャリア濃度 $4 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ のMgドープp型Ga_{0.9}Al_{0.1}N層にNi-Cr合金を付着した後、温度を変えて15分間アニーリングした場合に、そのアニーリング温度によるp型Ga_{0.9}Al_{0.1}N層と、電極との電流電圧特性の関係をそれぞれ比較して示す図である。Iはアニーリング前、Jは200℃、Kは300℃、Lは400℃でのアニーリング温度を示している。I~Lはアニーリング温度とp型Ga_{0.9}Al_{0.1}N層とのオーミック接触を示す図であるが、アニーリング温度によりp型Ga_{0.9}Al_{0.1}N層と電極との接触抵抗が減少し傾きが大きくなり、また電圧に比例して電流値が増加しオーミック接触が得られていることがわかる。従って、好ましいアニーリング温度は400℃以上である。

【0013】

【実施例】【実施例1】MOCVD法を用い、サファイア基板の上にGa_{0.9}Al_{0.1}Nよりなるバッファ層を約200Åの厚で成長させ、その上にノンドープのGa_{0.9}Al_{0.1}N層を2μmの厚で成長させ、そのGa_{0.9}Al_{0.1}N層の上にMgをドープしたGa_{0.9}Al_{0.1}N層を0.2μm成長させる。MgドープGa_{0.9}Al_{0.1}N層成長後、基板をアニーリング装置に入れ、窒素雰囲気中700℃で10分間アニーリングし、MgドープGa_{0.9}Al_{0.1}N層をさらに低抵抗

4

化してp型とする。ホール測定の結果、このMgドープp型Ga_{0.9}Al_{0.1}N層の正孔キャリア濃度は $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ であった。

【0014】次に前記p型Ga_{0.9}Al_{0.1}N層表面にNi-Au合金を蒸着した後、基板を同じくアニーリング装置に入れ、窒素雰囲気中、500℃で10分間アニーリングを行う。アニーリング終了後、電極間の電流電圧特性を測定して、p型Ga_{0.9}Al_{0.1}N層と電極とのオーミック接触を調べると、図2、Eと同一の直線が得られ、オーミック接触が得られていることが確認された。

【0015】【実施例2】実施例1において、p型Ga_{0.9}Al_{0.1}N層に蒸着する電極材料をCr-Au合金とする他は同様にして電極を形成し、電流電圧特性を測定したところ、同じく、図2、Eと同一の直線が得られ、オーミック接触が確認された。

【0016】【実施例3】実施例1のノンドープGa_{0.9}Al_{0.1}N層の上に、Siをドープしたn型In_{0.1}Ga_{0.9}N層を0.2μm成長させた後、その上にNiの合金を蒸着して電極を付着する。なおこのSiドープIn_{0.1}Ga_{0.9}N層の電子キャリア濃度は $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ であった。後は実施例1と同様にアニーリングした後、電極間の電流電圧特性を測定して、Siドープn型In_{0.1}Ga_{0.9}N層と電極とのオーミック接触を調べたところ、図1、Aと同一の直線が得られ、オーミック接触が確認された。

【0017】【実施例4】実施例3において、Siドープn型In_{0.1}Ga_{0.9}N層中のSiドープ量を減らし、その電子キャリア濃度を $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ とする他は同様にしてNi電極を形成し、電流電圧特性を測定したところ図1、Bと同一の直線が得られ、オーミック接触が確認された。

【0018】

【発明の効果】以上説明したように本発明の方法によると、n型及びp型の窒化ガリウム系化合物半導体と電極とのオーミック接触が得られるため、窒化ガリウム系化合物半導体を積層してp-n接合の発光ダイオード、レーザーダイオード等の発光素子を作成する際、その発光素子の順方向電圧を下げ、発光効率を向上させることができ、産業上の利用価値は多大である。

【図面の簡単な説明】

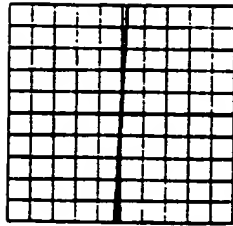
【図1】 電子キャリア濃度が異なるn型Ga_{0.9}Al_{0.1}N層と電極との電流電圧特性の関係を比較して示す図。

【図2】 正孔キャリア濃度が異なるMgドープp型Ga_{0.9}Al_{0.1}N層と電極との電流電圧特性の関係を比較して示す図。

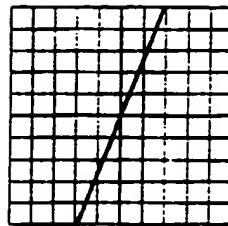
【図3】 アニーリング温度によるp型Ga_{0.9}Al_{0.1}N層と電極との電流電圧特性の関係を比較して示す図。

〔圖1〕

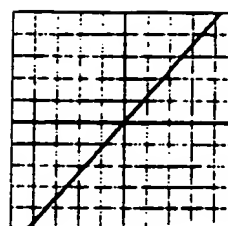
X: 0.5 V/div
Y: 0.2 mA/div



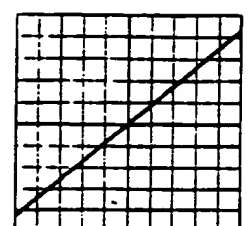
A



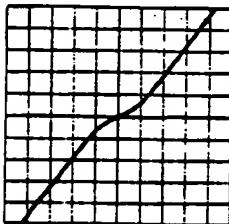
B



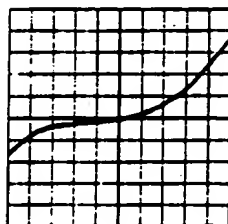
C



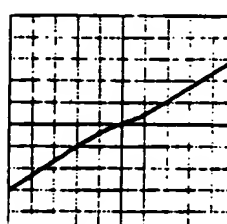
D



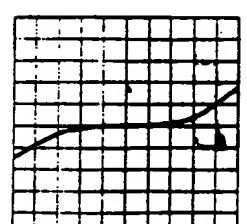
E



F



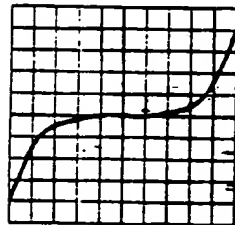
G



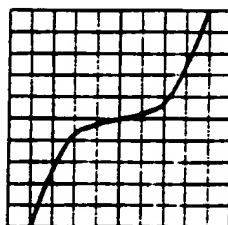
H

〔圖3〕

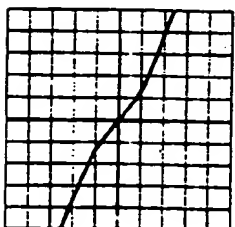
X: 2.0 V/div
Y: 0.02 mA/div



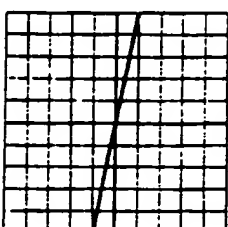
I



J



K



L